

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-253238

(P2000-253238A)

(43)公開日 平成12年9月14日(2000.9.14)

(51)IntCl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
H 0 4 N 1/393		H 0 4 N 1/393	5 B 0 5 7
G 0 6 T 3/40		G 0 6 F 15/66	3 5 5 P 5 C 0 7 6
	5/20	15/68	4 1 0 5 C 0 7 7
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 1/40	1 0 1 C

審査請求 未請求 請求項の数8 O L (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平11-53284

(22)出願日 平成11年3月1日(1999.3.1)

(71)出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72)発明者 高橋 利至

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(74)代理人 100066474

弁理士 田澤 博昭 (外1名)

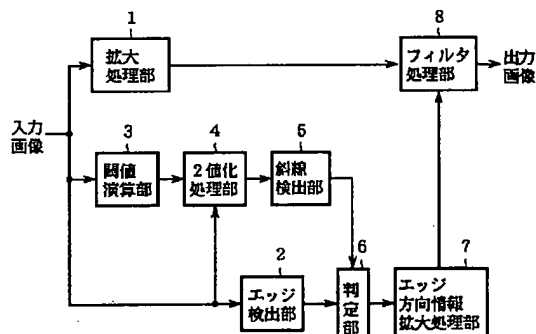
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置及び画像処理方法

(57)【要約】

【課題】 例えば、最近隣内挿法を使用する場合、非常に簡易な構成で実現できる利点があるが、画素の繰り返し処理を行うため濃度レベルが急激に変化する境界部分がブロック状に目立ってしまう課題があった。

【解決手段】 原画素が属するエッジ領域の傾斜方向を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する。



- 1: 拡大処理部 (拡大手段)
- 2: エッジ検出部 (特定手段)
- 3: 閾値演算部 (特定手段)
- 4: 2値化処理部 (特定手段)
- 5: 斜線検出部 (特定手段)
- 6: 判定部 (マッピング手段)
- 7: エッジ方向情報拡大処理部 (マッピング手段)
- 8: フィルタ処理部 (平滑化手段)

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 デジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加して上記デジタル画像を拡大する拡大手段と、上記デジタル画像を構成する原画素のうちエッジ領域に属する原画素を検出して、その原画素が属するエッジ領域の傾斜方向を特定する特定手段と、上記特定手段により特定された傾斜方向を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報を上記補間画素にマッピングするマッピング手段と、上記拡大手段により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを備えた画像処理装置。

【請求項2】 デジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加して上記デジタル画像を拡大する拡大手段と、上記デジタル画像を構成する原画素のうちエッジ領域に属する原画素を検出して、その原画素が属するエッジ領域の傾斜方向及び傾斜角度を特定する特定手段と、上記特定手段により特定された傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報を上記補間画素にマッピングするマッピング手段と、上記拡大手段により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを備えた画像処理装置。

【請求項3】 斜線を構成する画素と補間画素の距離を計測する距離計測手段と、上記距離計測手段により計測された距離に基づいて上記補間画素の画素値を補正する補正手段とを設けたことを特徴とする請求項1又は請求項2記載の画像処理装置。

【請求項4】 補間画素を囲む原画素のうち、濃度レベルが最大の原画素の画素値を検出する最大画素値検出手段と、上記補間画素を囲む原画素のうち、濃度レベルが最小の原画素の画素値を検出する最小画素値検出手段と、距離計測手段により計測された距離を重み係数に変換する変換手段と、上記最小画素値検出手段により検出された原画素の画素値と上記補間画素の画素値との差分値に上記重み係数を乗算し、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算する演算手段と、上記演算手段の加算結果が上記最大画素値検出手段により検出された原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を出力し、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を出力するリミット手段とから補正手段を構成することを特徴とする請求項3記載の画像処理装置。

【請求項5】 デジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加して上記デジタル画像を拡大する一方、上記デジタル画像を構成する原画素のうちエッジ領域に属する原画素を検出して、その原画素が属するエ

ッジ領域の傾斜方向を特定するとともに、その傾斜方向を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する画像処理方法。

【請求項6】 デジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加して上記デジタル画像を拡大する一方、上記デジタル画像を構成する原画素のうちエッジ領域に属する原画素を検出して、その原画素が属するエッジ領域の傾斜方向及び傾斜角度を特定するとともに、その傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する画像処理方法。

【請求項7】 斜線を構成する画素と補間画素の距離を計測し、その距離に基づいて上記補間画素の画素値を補正することを特徴とする請求項5又は請求項6記載の画像処理方法。

【請求項8】 補間画素の画素値を補正する際、補間画素を囲む原画素のうち、濃度レベルが最大の原画素の画素値と、上記補間画素を囲む原画素のうち、濃度レベルが最小の原画素の画素値とを検出するとともに、斜線を構成する画素と上記補間画素の距離を重み係数に変換する一方、最小の原画素の画素値と上記補間画素の画素値との差分値に上記重み係数を乗算して、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算し、その加算結果が最大の原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を画素値の補正結果とし、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を画素値の補正結果とすることを特徴とする請求項7記載の画像処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、画像情報を所定の倍率に拡大して出力する画像入出力装置（例えば、プリンタ、スキャナ、複写機等）や、解像度の異なる機種間通信で低解像度画像から高解像度画像に変換する解像度変換装置に適用する画像処理装置及び画像処理方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来の画像処理方法としては最近隣内挿法を挙げることができるが、最近隣内挿法は画像解析ハンドブック（高木幹雄監修）p. 441～p. 442にも記されているように（図16を参照）、内挿する点の座標を（ u, v ）、その画素値を $P_{u,v}$ 、原画像の j ライン i 画素目の観測点を $P_{i,j}$ とすると、下記の式（1）で表すことができる。

$$\begin{aligned} i &= [u + 0.5], \\ j &= [v + 0.5], \\ P_{u,v} &= P_{i,j} \end{aligned}$$

式（1）

【0003】即ち、最近隣内挿法は、内挿点に最も近い観測点の画素値と同じ画素値を配列する手法であり、非常に簡易に実現できる手法として広く利用されている。なお、式(1)の[]はガウス記号であり、[]内の数値の整数部分を取ることを表している。

【0004】また、同書p. 442~p. 443には、*

$$i = [u], j = [v]$$

$$P_{u,v} = \{ (i+1) - u \} \{ (j+1) - v \} P_{i,j} \\ + \{ (i+1) - u \} \{ v - j \} P_{i,j+1} \\ + \{ u - i \} \{ (j+1) - v \} P_{i+1,j} \\ + \{ u - i \} \{ v - j \} P_{i+1,j+1}$$

式(2)

なお、概念的に1次元で説明すると図17のように示すことができる。即ち、補間画素を囲む二つの原画像の画素値から線形に補間画素の画素値を求めるものである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】従来の画像処理方法は以上のように構成されているので、最近隣内挿法を使用する場合、非常に簡易な構成で実現できる利点があるが、画素の繰り返し処理を行うため濃度レベルが急激に変化する境界部分がブロック状に目立ってしまう課題があった。特に、エッジの方向が斜めに向いている場合には、ジャギーと呼ばれる階段状のテクスチャが現れるため、文字・線画像等の場合、強い劣化感を覚えることになる。

【0007】一方、線形補間法を使用する場合、補間画素には近隣画素との中間値が割り当てられるため、最近隣内挿法と比べると多少ジャギーを抑制することができるが、その程度は決して十分なものではない。即ち、通常のラスタスキャンの場合、主走査方向の補間処理の後、注目画素を挟む2ラインを用いて副走査方向に補間処理を行うため、画像信号の相関は主走査方向又は副走査方向に強くなってしまふ。ところが、図18に示すような画像の場合は、本来斜め方向に相関が強いにも拘わらず、拡大処理を実行する過程において、斜め方向の相関を考慮していないため、ジャギーが発生してしまうのである。また、線形補間法の場合、補間画素はそれを囲む原画像の画素値の中間値により与えられるため、エッジ部では先鋭度が低下してしまい、いわゆる“ぼけ”が発生して画質が劣化する課題があった。

【0008】この発明は上記のような課題を解決するためになされたもので、デジタル画像を拡大するときに生じるジャギーの発生を抑制することができる画像処理装置及び画像処理方法を得ることを目的とする。また、この発明は、ジャギーの発生を抑制できるとともに、ぼけの発生を抑制することができる画像処理装置及び画像処理方法を得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明に係る画像処理装置は、特定手段により特定された傾斜方向を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報

*他の画像処理方法として、共一次内挿法(線形補間法)が開示されているが、線形補間法は、内挿点を囲む4画素の画素値と、その距離を下記の式(2)に代入して、内挿点の画素値を求める方法であり、比較的高画質な拡大方法として利用されている。

【0005】

を補間画素にマッピングするマッピング手段と、拡大手段により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを設けたものである。

【0010】この発明に係る画像処理装置は、特定手段により特定された傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報を補間画素にマッピングするマッピング手段と、拡大手段により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを設けたものである。

【0011】この発明に係る画像処理装置は、距離計測手段により計測された距離に基づいて補間画素の画素値を補正する補正手段を設けたものである。

【0012】この発明に係る画像処理装置は、最小画素値検出手段により検出された原画素の画素値と補間画素の画素値との差分値に重み係数を乗算し、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算する演算手段と、その演算手段の加算結果が最大画素値検出手段により検出された原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を出力し、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を出力するリミット手段とから補正手段を構成するようにしたものである。

【0013】この発明に係る画像処理方法は、原画素が属するエッジ領域の傾斜方向を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行するようにしたものである。

【0014】この発明に係る画像処理方法は、原画素が属するエッジ領域の傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行するようにしたものである。

【0015】この発明に係る画像処理方法は、斜線を構成する画素と補間画素の距離に基づいて補間画素の画素値を補正するようにしたものである。

【0016】この発明に係る画像処理方法は、最小の原画素の画素値と補間画素の画素値との差分値に重み係数を乗算して、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算

し、その加算結果が最大の原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を画素値の補正結果とし、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を画素値の補正結果とするようにしたものである。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、この発明の実施の一形態を説明する。

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1による画像処理装置を示す構成図であり、図において、1はデジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加してデジタル画像を拡大する拡大処理部（拡大手段）、2はデジタル画像を構成する原画素のうちエッジ領域に属する原画素を検出するエッジ検出部（特定手段）、3は2値化処理に使用する閾値を演算する閾値演算部（特定手段）、4はデジタル画像を構成する原画素の画素値と閾値を比較して、原画素の画素値を2値化する2値化処理部（特定手段）、5は2値化処理部4が出力する2値データと予め設定された斜線検出パターンを照合して斜線を検出し、その斜線方向を示す方向情報（斜線情報）を出力する斜線検出部（特定手段）である。

【0018】6はエッジ検出部2の出力がエッジ領域に属する原画素である旨を示す場合には、斜線検出部5が出力する方向情報を原画素にマッピングし、エッジ領域に属する原画素でない旨を示す場合には、エッジ領域に属しない画素であることを示す方向情報を原画素にマッピングする判定部（マッピング手段）、7は拡大処理部1の拡大率と同じ倍率で方向情報を拡大することにより、その方向情報を補間画素にマッピングするエッジ方向情報拡大処理部（マッピング手段）、8は拡大処理部1により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の方向情報に対応するフィルタ処理を実行する*

$$TH1 = (MAX - MIN) / 2 + MIN \quad \text{式(3)}$$

最大値と最小値の中間値を閾値とすることにより2値化処理の結果が全黒、全白になることを防止することができる。なお、最大値MAX、最小値MINはエッジ検出部2が求めたものを利用してよい。

【0023】そして、2値化処理部4は、閾値演算部3が閾値TH1を演算すると、3×3画素のウィンドウを構成する各画素の画素値を閾値TH1と比較して、各画素の画素値を“1”又は“0”に変換する2値化処理を実行する（ステップST4）。

【0024】斜線検出部5は、2値化処理部4が2値化処理を実行すると、2値化処理部4が出力する2値データと予め設定された斜線検出パターンを照合するパターンマッチングを実行する（ステップST5）。即ち、斜線検出部5は、図3に示すような斜線検出パターンと照合して、注目画素が斜線領域に属する画素であるか否かを検出し、注目画素が斜線領域に属する画素である場合には、その斜線方向を特定して方向情報を出力する。

【0025】図3の例では、右上がりの斜線の斜線検出

*フィルタ処理部（平滑化手段）である。なお、図2はこの発明の実施の形態1による画像処理方法を示すフローチャートである。

【0019】次に動作について説明する。ただし、この実施の形態1では、画素値を濃度として表すものとし、白を“0”、黒を最大濃度レベルとする。最大濃度レベルは、例えば、画像が8ビット表現されている場合には“255”となる。

【0020】最初に、デジタル画像の入力画像信号は拡大処理部1に入力され、拡大処理部1がデジタル画像を構成する各原画素の間に補間画素を追加してデジタル画像を拡大する（ステップST1）。即ち、拡大処理部1は、線形補間法を用いてデジタル画像の入力画像信号を β 倍（ $\beta > 1$ ）して拡大処理する（図17を参照）。

【0021】一方、エッジ検出部2は、拡大処理部1の拡大処理と並行して、以下の処理を実行し、注目画素がエッジ領域に属する画素であるか否かを判定する（ステップST2）。即ち、注目画素を中心とする3×3画素のウィンドウを構成し、そのウィンドウ内にある画素の中で、濃度レベルが最大の画素と最小の画素を検出する。そして、濃度レベルが最大の画素の画素値MAXと、最小の画素の画素値MINとの差分値が予め定められた閾値よりも大きければエッジ部と判定し、小さければ非エッジ部と判定する。

【0022】次に、閾値演算部3は、エッジ検出部2と同様に、注目画素を中心とする3×3画素のウィンドウを構成して、濃度レベルが最大の画素の画素値MAXと、最小の画素の画素値MINを検出し、これらを下記の式(3)に代入して、2値化処理に使用する閾値TH1を演算する（ステップST3）。

パターンと、右下がりの斜線の斜線検出パターンがそれぞれ3種類用意され（傾斜角度が1のパターン、傾斜角度が2以上のパターン、傾斜角度が1/2以下のパターン）、右上がりの斜線の斜線検出パターンの何れかに当てはまる場合には、方向情報Daを出力し、右下がりの斜線の斜線検出パターンの何れかに当てはまる場合には、方向情報Dbを出力し、何れのパターンにも当てはまらない場合には、方向情報Dnを出力する。なお、図中×印は参照しないこと（Don't Care）を意味する。また、これらのパターンは全て注目画素が黒画素の場合を示しているが、注目画素が白画素の反転パターンについても同様に検出する。

【0026】このようにして、斜線検出部5が方向情報を出力すると、判定部6は、エッジ検出部2の出力に応じて当該注目画素に方向情報をマッピングする（ステップST6）。即ち、当該注目画素がエッジ領域に属する画素である場合には、斜線検出部5が出力する方向情報（Da、Db、Dnの何れか）を注目画素の方向情報と

して出力するが、当該注目画素がエッジ領域に属する画素でない場合には、斜線ではないパターンとして、方向情報Dnを注目画素の方向情報として出力する。なお、方向情報Da又はDbを有する画素については、以後「斜線エッジ画素」と称する。

【0027】次に、エッジ方向情報拡大処理部7は、拡大処理部1の拡大率と同じ倍率で方向情報を拡大することにより、注目画素の方向情報を補間画素にマッピングする(ステップST7)。ここでは、方向情報を2倍に拡大する場合を図4の例を用いて説明する。図において、実線は原画像の座標系、点線は2倍に拡大した時の座標系、太い実線の矩形は原画像における注目画素を表している。

【0028】この例では、原画像の注目画素には先のパターンマッチングから方向情報Daがマッピングされることになる。そして、原画像の座標系を拡大画像の座標系に投影した時、原画像の注目画素領域に少しでも重なる拡大画像の画素に、注目画素の方向情報をマッピングする。即ち、拡大後の座標系において斜線で示した9画素に方向情報Daがマッピングされる。

【0029】なお、補間画素から見ると、異なる方向情報が複数回マッピングされる場合もあり得るが(隣接する一方の原画素の方向情報がDaで、他方の原画素の方向情報がDbの場合)、このような場合は、方向の異なるエッジ成分の交差点と判断し、当該補間画素にはDnの方向情報をマッピングする。ちなみに、隣接する一方の原画素の方向情報がDa又はDbで、他方の原画素の方向情報がDnの場合には、方向情報Da又はDbを優先し、当該補間画素にはDa又はDbの方向情報をマッピングする。

【0030】次に、フィルタ処理部8は、拡大処理部1により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の方向情報に対応するフィルタ処理を実行する(ステップST8)。即ち、線形補間法のように、注目画素と近傍画素の積和演算により拡大を行う場合、スムージング効果により滑らかな画像表現が可能となるが、通常は主走査方向の積和演算、副走査方向の積和演算という処理順序で拡大処理を行うため、主走査・副走査方向に相関が強くなりジャギーが残ってしまうことになる。そこで、フィルタ処理部8では、エッジ方向情報拡大処理部7で求めた方向情報を利用して、斜線エッジ画素についてのみ斜め方向にフィルタ処理を実行する。

【0031】図5は角度1の斜線を2倍に拡大する例を示している。図5において、注目画素をXとすると、それを囲む8画素は前述したように方向情報Daを有するため、例えば、画素Aに対するフィルタ処理は、図6(a)の網掛けの画素の参照領域でフィルタ処理を行う。一方、方向情報Dbを有する時には図6(b)のような参照領域でフィルタ処理を行う。

【0032】フィルタ処理については、図7(a)、図

7(b)に示すような平滑化フィルタを用いれば、斜め方向に対して相関が強くなり、ジャギーを抑制することが可能となる。また、平滑化フィルタとして図7(c)~図7(f)のようなものも用意し、検出された傾斜角度によって平滑化フィルタ切り替えることにより、原画像の持つエッジ方向をより忠実に反映させた高品質な拡大処理が可能となる。

【0033】例えば、図3において、傾斜方向が右上がり(方向情報Da)で、角度2以上の左側のパターンには図7(c)を、右側のパターンには(d)を、角度1/2以下の左側のパターンには図7(e)を、右側のパターンには(f)を用いればよい。ただし、この場合には方向情報だけでは適当なパターンを選択することができないので、傾斜角度や白画素の存在方向(実施の形態2で述べる白方向に相当する)等の情報も必要となってくるが、これは斜線検出部5がパターンマッチングを行う際に得られる情報である。図8に平滑化フィルタを施した画像を模式的に示す。斜め方向の平滑化がかかるためジャギーを抑制することが可能となる。

【0034】以上で明らかなように、この実施の形態1によれば、原画素が属するエッジ領域の傾斜方向を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行するように構成したので、デジタル画像を拡大するときに生じるジャギーの発生を抑制することができる効果を奏する。

【0035】なお、この実施の形態1では、平滑化フィルタを用いてフィルタ処理を実行するものについて示したが、メディアンフィルタを用いても平滑化効果があり、ジャギーを抑制することができる。メディアンフィルタは参照画素の画素値を昇順(又は降順)に並べた時にちょうど中央にくる値をフィルタ対象画素の値とするものであり、例えば、参照画素数が3であれば2番目に小さい(又は大きい)値を、参照画素数が5であれば3番目に小さい(又は大きい)値を、フィルタ対象画素の値とするものである。

【0036】メディアンフィルタにはノイズ除去効果があり、現在課題としているジャギーを斜め方向に見れば、ジャギーの頂点の画素がノイズとして除去されることにより、滑らかな斜線を表現することが可能となる。例えば、斜線を線形補間法で拡大した時に画信号が図9のようになった場合、斜め方向に画信号を抽出すると、0, 40, 0(16進数表示)となる。ここでメディアンフィルタをかけると、中央の画素は3画素のうち2番目に小さい(又は大きい)値、つまり0に変換されることになり、ジャギーを抑制することが可能となる。

【0037】実施の形態2、図10はこの発明の実施の形態2による画像処理装置を示す構成図であり、図において図1と同一符号は同一又は相当部分を示すので説明を省略する。9は斜線エッジ画素と補間画素の距離を計

測する距離計測部（距離計測手段）、10は距離計測部9により計測された距離に基づいて補間画素の画素値を補正する補正処理部（補正手段）である。

【0038】図11は補正処理部10の内部を示す構成図であり、図において、11は拡大画像領域における注目画素を囲む原画像（4個の画素）の中から、濃度レベルが最大の原画素の画素値を検出する最大値検出部（最大画素値検出手段）、12は拡大画像領域における注目画素を囲む原画像（4個の画素）の中から、濃度レベルが最小の原画素の画素値を検出する最小値検出部（最小画素値検出手段）、13は距離計測部9により計測された距離を重み係数に変換する重み係数変換部（変換手段）である。

【0039】14は注目画素の画素値から最小値検出部12により検出された原画素の画素値を減算して、その差分値を出力する減算器（演算手段）、15は減算器14が出力する差分値に重み係数変換部13が出力する重み係数を乗算する乗算器（演算手段）、16は最小値検出部12により検出された原画素の画素値に乗算器15の乗算結果を加算する加算器（演算手段）、17は加算器16の加算結果が最大値検出部11により検出された原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を出力し、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を出力するリミッタ（リミット手段）である。

【0040】次に動作について説明する。上記実施の形態1では、斜線エッジ画素については斜め方向にフィルタ処理を実行するので、ジャギーを低減することができるが、拡大処理により生じるぼけを低減することはできない。特に、拡大率が大きくなるほど、そのぼけの程度も大きくなり、画質が大きく劣化することになる。そこで、この実施の形態2では、拡大率が2倍を超える場合でも、ぼけの発生を抑制することができるようにする。

【0041】まず、距離計測部9の動作を説明する。原画像が例えば図12（a）の場合、方向情報がDa（右上がり）、傾斜角度が1、白画素の存在方向（以下、白方向という）が1となる。ここで、「白方向」とは、エッジ方向に対して垂直で、かつ、白画素が存在する方向を表すこととする。つまり、右上がりの斜線の場合、白方向としては、「1」又は「4」となり、右下がりの斜線の場合、白方向としては、「2」又は「3」となる。

【0042】また、図5に示すような線幅1、傾斜角度1の斜線の場合、白方向を2個有するものとする（図5の場合、白方向は「1」と「4」）。この実施の形態2では、判定部6は、注目画素の斜線エッジを検出したら、上記のように「方向、角度、白方向」の傾斜情報を、距離計測部9に転送するものとする。距離計測部9では、この情報を受けて、拡大後の各補間画素に対して斜線エッジ画素との距離を計測する。

【0043】図12（b）を参照して、距離計測方法を説明する。この例では、主走査、副走査それぞれ3倍に

拡大する例を示している。まず、線形補間法により拡大処理した時に注目画素A（図12（a）の中心の画素）が影響を及ぼす範囲の画素のうち、白方向1にある画素を距離計測対象の画素とする。具体的には、線形補間法により拡大した時に注目画素Aが影響を及ぼす範囲の画素は、拡大画像である図12（b）における注目画素A'を囲む25個（ 5×5 ）の画素であり、そのうち白方向1にある9個の画素（図中灰色の太線で囲んだ領域の画素）が距離計測対象の画素となる。なお、図中×印をつけた画素は原画像の座標系と拡大画像の座標系が一致している画素を示している。これを考慮して図12（b）の中央の画素を原画像の注目画素Aに対比させて注目画素A'としている。

【0044】次に、注目画素A'と距離計測対象画素の距離を求める。具体的には、主走査方向又は副走査方向に1画素進む毎に1を加算して求める。例えば、注目画素A'の左となりの画素は距離が1、注目画素A'の左斜め上に隣接している画素は、「主走査1+副走査1」進めれば注目画素A'の位置に重なるため距離が2となる。距離計測対象画素である9個の画素の距離は図12（b）に示す通りである。

【0045】なお、注目画素A'の距離は0とする。また、補間画素を囲む原画像の4個の画素（補間画素が図中の点線上にある時は2画素）の中に斜線エッジ画素が無い場合には距離0とする。さらに、傾斜角度1以外の場合、例えば、傾斜角度1/2以下の場合のパターンについては図13（b）のようにする。即ち、原画像領域で言えば2画素分の領域に対して距離を計測する、図13の例では、基準となる斜線エッジ画素を原画像領域で1画素分右にずらし、この地点から「主走査方向に2画素進んで距離1を加算、副走査方向に1画素進んで距離1を加算」というように計測している。ただし、補間画素を囲む原画像の4個の画素（補間画素が図中の点線上にある時は2画素）が全て同色の場合には、距離を0とする。

【0046】次に、補正処理部10の動作を説明する。説明を簡単にするため図14は1次元で拡大処理する場合について示している。まず、拡大処理部1で求められた補間画素の画素値1xが補正処理部10に入力される。この時同時に原画像の画素値も入力され、最小値検出部12では、補間画素を囲む2つの原画素の中で最も濃度が低い画素を検出し、その画素値をOminとする。なお、2次元で考える場合には補間画素を囲む4個の原画素の中で最も濃度が低い画素を検出する。

【0047】次に、重み係数変換部13は、拡大画素の距離がrとすると、それぞれの距離rに対して予め定められた重み係数 $\alpha[r]$ を読み出し、減算器14、乗算器15及び加算器16が補正後の画素値1'xを次のように計算する。

$$I'x = Omin + (Ix - Omin) \times \alpha[r] \quad \text{式(4)}$$

なお、図14の「差分値」は式(4)の“ $Ix - Omin$ ”を表しており、図11における減算器14の処理に相当する。

【0048】最後に、最大値検出部11が補間画素を囲む2個の原画素の中で最も濃度が高い画素の画素値 $Omax$ を求めると、リミッタ17は、補正後の画素値 $I'x$ が最大値 $Omax$ を超えないように制限する。即ち、補正後の画素値 $I'x$ が最大値 $Omax$ に満たない場合には、補正後の画素値 $I'x$ をそのまま出力するが、補正後の画素値 $I'x$ が最大値 $Omax$ を超える場合には、最大値 $Omax$ を出力する。

【0049】上記のような処理構成で、重み α を距離 r が近いところでは、1付近の大きめの値に、距離 r が大きいところでは、0付近の小さめの値に設定しておくことで、エッジ部でのぼけを抑制し、先鋭度の向上した画像を再構成することができる。例えば、距離 r に対して、以下の式(5)に示すように、ユーザが予め重み係数を設定しておく。

$$\begin{aligned} \alpha[0] &= 1.0, \\ \alpha[1] &= 1.1, \\ \alpha[2] &= 0.9, \\ \alpha[3] &= 0.5, \\ \alpha[4] &= 0.4 \end{aligned} \quad \text{式(5)}$$

【0050】この時、例えば、図14のような画像を処理した場合、概念的には図15のように画像信号が再構成され、エッジをシャープにすることができる。さらに、図12や図13からも分かるように、距離 r は斜め方向に同一の値を取るため、ジャギーの抑制にも大きな効果を奏することができる。

【0051】以上で明らかなように、この実施の形態2によれば、斜線エッジ画素と補間画素の距離に基づいて補間画素の画素値を補正するように構成したので、ジャギーの発生を抑制することができるとともに、ぼけの発生を抑制することができる効果を奏する。

【0052】なお、上記実施の形態1、2では、拡大処理部1が線形補間法を用いているが、これに限ったものではなく、図16に示すように、内挿したい点を囲む4個の原画素から補間画素の画素値を生成する拡大方法を用いてもよく、同様の効果を奏することができる。また、エッジ検出部2及び閾値演算部3では、ウィンドウサイズを 3×3 画素としているが、これに限ったものではなく、例えば、 $m \times n$ 画素のウィンドウサイズの m 、 n を大きくしていけば、より高精度の斜線エッジの検出が可能となる。

【0053】

【発明の効果】以上のように、この発明によれば、特定手段により特定された傾斜方向を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報を補間画素にマッピングするマッピング手段と、拡大手段により拡大

されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを設けるように構成したので、デジタル画像を拡大するときに生じるジャギーの発生を抑制することができる効果がある。

【0054】この発明によれば、特定手段により特定された傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素にマッピングするとともに、その傾斜情報を補間画素にマッピングするマッピング手段と、拡大手段により拡大されたデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行する平滑化手段とを設けるように構成したので、更にジャギーの発生を抑制することができる効果がある。

【0055】この発明によれば、距離計測手段により計測された距離に基づいて補間画素の画素値を補正する補正手段を設けるように構成したので、ジャギーの発生を抑制することができるとともに、ぼけの発生を抑制することができる効果がある。

【0056】この発明によれば、最小画素値検出手段により検出された原画素の画素値と補間画素の画素値との差分値に重み係数を乗算し、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算する演算手段と、その演算手段の加算結果が最大画素値検出手段により検出された原画素の画素値に満たない場合には、その加算結果を出力し、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を出力するリミット手段とから補正手段を構成するようにしたので、ぼけの発生を抑制することができる効果がある。

【0057】この発明によれば、原画素が属するエッジ領域の傾斜方向を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行するように構成したので、デジタル画像を拡大するときに生じるジャギーの発生を抑制することができる効果がある。

【0058】この発明によれば、原画素が属するエッジ領域の傾斜方向及び傾斜角度を示す傾斜情報を原画素と補間画素にマッピングし、拡大後のデジタル画像を構成する画素毎に当該画素の傾斜情報に対応するフィルタ処理を実行するように構成したので、更にジャギーの発生を抑制することができる効果がある。

【0059】この発明によれば、斜線を構成する画素と補間画素の距離に基づいて補間画素の画素値を補正するように構成したので、ジャギーの発生を抑制することができるとともに、ぼけの発生を抑制することができる効果がある。

【0060】この発明によれば、最小の原画素の画素値と補間画素の画素値との差分値に重み係数を乗算して、その原画素の画素値に当該乗算結果を加算し、その加算結果が最大の原画素の画素値に満たない場合には、その

加算結果を画素値の補正結果とし、その原画素の画素値を超える場合には、その画素値を画素値の補正結果とするように構成したので、ぼけの発生を抑制することができる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1による画像処理装置を示す構成図である。

【図2】 この発明の実施の形態1による画像処理方法を示すフローチャートである。

【図3】 斜線検出パターンの一例を示す説明図である。

【図4】 方向情報の拡大処理を説明する説明図である。

【図5】 角度1の斜線を2倍に拡大する場合の説明図である。

【図6】 フィルタ処理の参照領域を示す説明図である。

【図7】 平滑化フィルタのパターンを示すパターン図である。

【図8】 平滑化フィルタを施した画像を示す模式図である。

【図9】 メディアンフィルタによるフィルタ処理を説明する説明図である。

*【図10】 この発明の実施の形態2による画像処理装置を示す構成図である。

【図11】 補正処理部10の内部を示す構成図である。

【図12】 距離の計測方法を示す説明図である。

【図13】 距離の計測方法を示す説明図である。

【図14】 画像の拡大処理を示す説明図である。

【図15】 画像の拡大処理を示す説明図である。

【図16】 最近隣内挿法を示す概念図である。

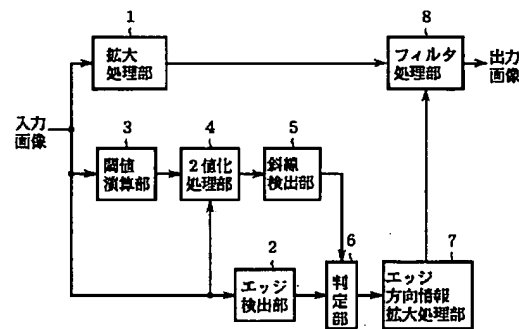
【図17】 線形補間法を示す概念図である。

【図18】 ジャギーの発生を説明する説明図である。

【符号の説明】

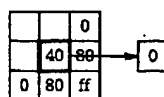
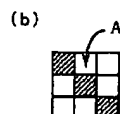
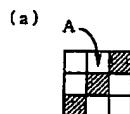
1 拡大処理部（拡大手段）、2 エッジ検出部（特定手段）、3 閾値演算部（特定手段）、4 2値化処理部（特定手段）、5 斜線検出部（特定手段）、6 判定部（マッピング手段）、7 エッジ方向情報拡大処理部（マッピング手段）、8 フィルタ処理部（平滑化手段）、9 距離計測部（距離計測手段）、10 補正処理部（補正手段）、11 最大値検出部（最大画素値検出手段）、12 最小値検出部（最小画素値検出手段）、13 重み係数変換部（変換手段）、14 減算器（演算手段）、15 乗算器（演算手段）、16 加算器（演算手段）、17 リミッタ（リミット手段）。

【図1】

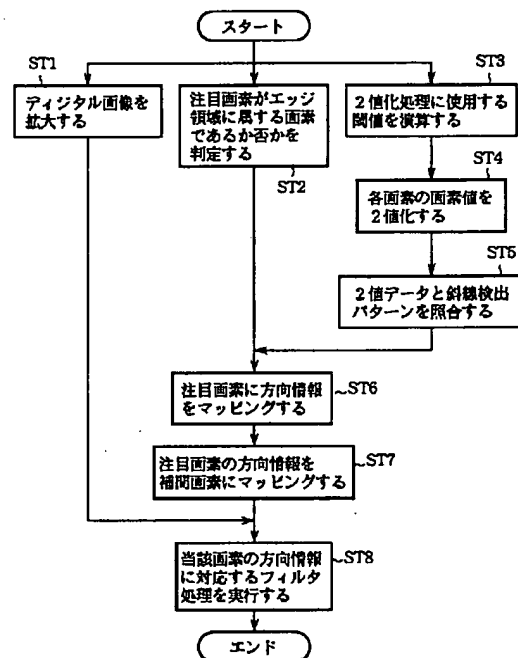


- 1: 拡大処理部（拡大手段）
 2: エッジ検出部（特定手段）
 3: 閾値演算部（特定手段）
 4: 2値化処理部（特定手段）
 5: 斜線検出部（特定手段）
 6: 判定部（マッピング手段）
 7: エッジ方向情報拡大処理部（マッピング手段）
 8: フィルタ処理部（平滑化手段）

【図6】



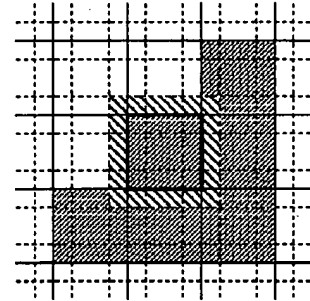
【図2】



【図3】

	角度1 (a)	角度2以上 (b)	角度1/2以下 (c)
右上がり (方向情報Da)			
右下がり (方向情報Db)			

【図4】



【図7】

(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)

—— : 原画像の座標系
 - - - - : 拡大後の座標系
 : 原画像の注目図素
 : 拡大後のエッジ方向情報

【図5】

0	0	FF
0	FF	0
FF	0	0

原画像

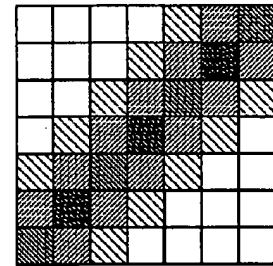
0	0	0	0	7F	FF	7F
0	0	7F	FF	7F	0	0
7F	FF	7F	0	0	0	0

主走査2倍

0	0	0	0	3F	7F	7F
0	0	0	0	7F	FF	7F
0	0	3F	7F	7F	7F	3F
0	0	7F	FF	7F	0	0
3F	7F	7F	7F	3F	0	0
7F	FF	7F	0	0	0	0
7F	7F	3F	0	0	0	0

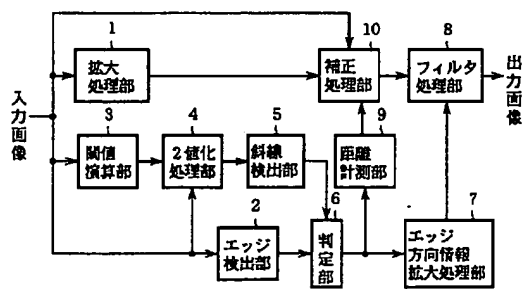
副走査2倍

【図8】



※画素値を16進数にて表示(8ビットの場合)

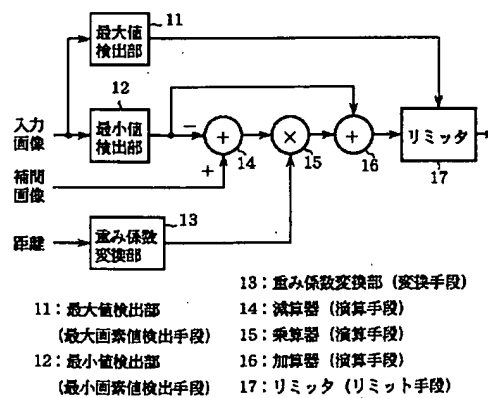
【図10】



9: 距離計測部 (距離計測手段)

10: 補正処理部 (補正手段)

【図11】



11: 最大値検出部

(最大画素値検出手段)

12: 最小値検出部

(最小画素値検出手段)

13: 重み係数変換部 (変換手段)

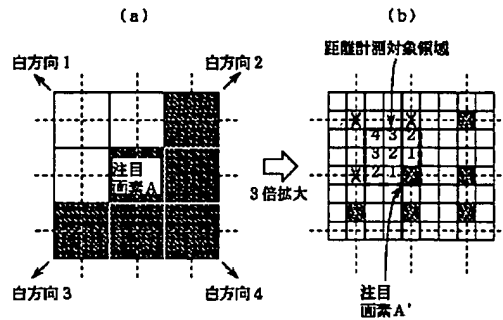
14: 減算器 (演算手段)

15: 乗算器 (演算手段)

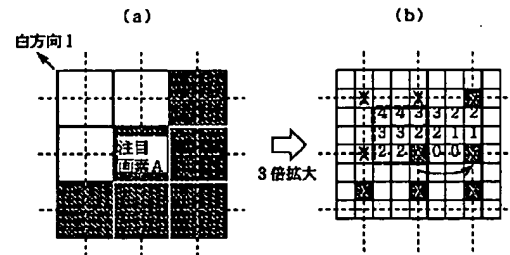
16: 加算器 (演算手段)

17: リミッタ (リミット手段)

【図12】

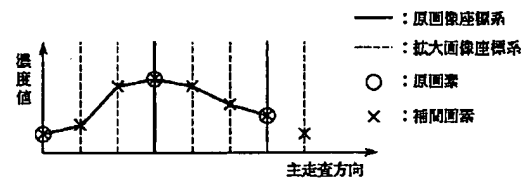
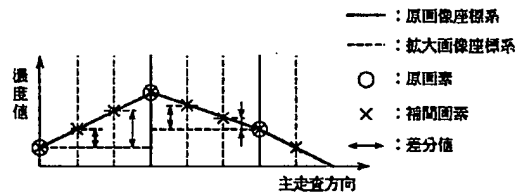


【図13】



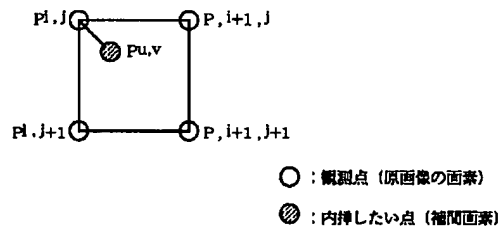
【図15】

【図14】

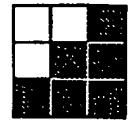
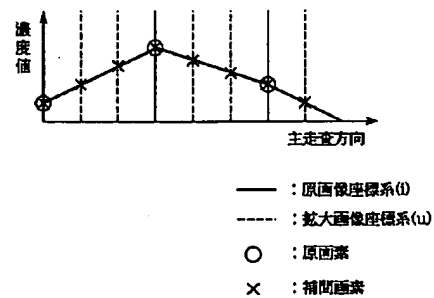


【図18】

【図16】



【図17】



フロントページの続き

F ターム(参考) 5B057 BA30 CA12 CA16 CB12 CB16
 CC01 CD06 CE05 CE06 CH08
 CH09 CH18 DA08 DA17 DB02
 DC03 DC08 DC16 DC36
 5C076 AA21 AA32 BA06 BB25 CA10
 5C077 LL19 PP02 PP20 PP43 PP47
 PP48 PP54 PP55 PP65 PP68
 PQ08 PQ12 PQ18 PQ20 RR03
 RR14 RR19

Partial translation of JP2000-253238 A

...omitted...

[0017]

5 [Embodiments of the Present Invention] An embodiment of the present invention will be described.

Embodiment 1. Fig. 1 is a diagram showing the configuration of an image processor according to an embodiment 1 of the present invention, where reference numeral 1 denotes
10 enlargement processing part (enlargement means) for enlarging a digital image by adding an interpolated pixel between original pixels composing the digital image, reference numeral 2 denotes an edge detection part (specification means) for detecting the original pixel
15 belonging to an edge area out of the original pixels composing the digital image, reference numeral 3 denotes a threshold operation part (specification means) for operating a threshold used for binarization processing, reference numeral 4 denotes a binarization processing part
20 (specification means) for comparing the pixel values of the original pixels composing the digital image with the threshold, to binarize the pixel values of the original pixels, and reference numeral 5 denotes an oblique line detection part (specification means) for collating binary
25 data outputted by the binarization processing part 4 and an

oblique line detection pattern previously set to detect an oblique line, and outputting directional information (oblique line information) representing the direction of the oblique line.

- 5 [0018] Reference numeral 6 denotes a judgment part (mapping means) for mapping, when it is indicated that an output of the edge detection part 2 is the original pixel belonging to the edge area, the directional information outputted by the oblique line detection part 5 on the original pixel, while
- 10 mapping, when it is indicated that the output of the edge detection part 2 is not the original pixel belonging to the edge area, directional information indicating that the output of the edge detection part 2 is a pixel not belonging to the edge area on the original pixel, reference numeral 7
- 15 denotes an edge directional information enlargement processing part (mapping means) for enlarging the directional information at the same enlargement ratio as that of the enlargement processing part 1, to map the directional information on an interpolated pixel, reference numeral 8
- 20 denotes a filter processor (smoothing means) for performing for each of pixels composing the digital image enlarged by the enlargement processing part 1 filter processing corresponding to the directional information on the pixel.
- Fig. 2 is a flow chart showing an image processing method
- 25 according to the embodiment 1 of the present invention.

[0019] The operations will be then described. In the embodiment 1, it is assumed that the pixel value is represented as a gray level, white is "0", and black is the maximum gray level. The maximum gray level is "255" if an image is represented by eight bits, for example.

[0020] First, an input image signal representing a digital image is inputted to the enlargement processing part 1, and the enlargement processing part 1 adds an interpolated pixel between original pixels composing the digital image, to enlarge the digital image (step ST1). That is, the enlargement processing part 1 multiplies the input image signal representing the digital image by β ($\beta > 1$) using a linear interpolation method to perform enlargement processing (see Fig. 17).

[0021] On the other hand, the edge detection part 2 executes the following processing in parallel with the enlargement processing performed by the enlargement processing part 1, to judge whether a target pixel is a pixel belonging to an edge area (step ST2). That is, the edge detection part 2 constitutes a window of three by three pixels with a target pixel as its center, to detect, out of pixels in the window, the pixel whose gray level is the maximum and the pixel whose gray level is the minimum. It is judged that the edge detection part is an edge part if a difference value between the pixel value MAX of the pixel whose gray level is the

maximum and the pixel value MIN of the pixel whose grey level is the minimum is larger than a predetermined threshold, while being a non-edge part if the difference value is smaller than the predetermined threshold.

- 5 [0022] The threshold operation part 3 then constitutes a window of three by three pixels with a target pixel as its center, similarly to the edge detection part 2, to detect the pixel value MAX of the pixel whose gray level is the maximum and the pixel value MIN of the pixel whose gray level is the
10 minimum, and substitute the pixel values into the following equation (3), to operate a threshold TH1 used for binarization processing (step ST3).

$$TH1 = (MAX - MIN)/2 + MIN \quad \cdots (3)$$

- A median between the maximum value and the minimum value is
15 taken as a threshold, thereby making it possible to prevent the results of the binarization processing from being all black or all white. Usable as the maximum value MAX and the minimum value MIN may be ones found by the edge detection part 2.

- 20 [0023] The binarization processing part 4 compares, when the threshold operation part 3 operates the threshold TH1, the pixel value of each of the pixels composing the window of three by three pixels with the threshold TH1, to perform binarization processing for converting the pixel value of the
25 pixel into "1" or "0" (step ST4).

[0024] The oblique line detection part 5 performs, when the binarization processing part 4 performs the binarization processing, pattern matching for collating the binary data outputted by the binarization processing part 4 with a
5 previously set oblique line detection pattern (step ST5). That is, the oblique line detection part 5 collates the binary data with the oblique line detection pattern as shown in Fig. 3, to detect whether or not the target pixel is a pixel belonging to an oblique line area, and specifies, when the
10 target pixel is the pixel belonging to the oblique line area, the direction of an oblique line to output directional information.

[0025] In an example shown in Fig. 3, three types of oblique line detection patterns of an oblique line directed up to the
15 right and oblique line detection patterns of an oblique line directed down to the right are prepared (a pattern inclined at an angle of 1, a pattern inclined at an angle of 2 or more, and a pattern inclined at an angle of $1/2$ or less).

Directional information Da is outputted when the oblique line
20 detection pattern applies to any one of the oblique line detection patterns of the oblique line directed up to the right, while directional information Db is outputted when the oblique line detection pattern applies to any of the oblique line detection patterns of the oblique line down to the right.
25 When the oblique line detection pattern does not apply to any

of the patterns, directional information Dn is outputted. "X mark" means "Don't Care". Further, all the patterns indicate a case where the target pixel is a black pixel. However, an inverted pattern indicating that the target pixel is a white pixel is similarly detected.

[0026] When the oblique line detection part 5 outputs the directional information in such a manner, the judgment part 6 maps the directional information on the target pixel in response to an output of the edge detection part 2 (step ST6). That is, when the target pixel is the pixel belonging to the edge area, the directional information (any of Da, Db, and Dn) outputted by the oblique line detection part 5 is outputted as directional information on the target pixel. When the target pixel is not the pixel belonging to the edge area, the directional information Dn is outputted as directional information on the target pixel as a pattern which is not an oblique line. A pixel having the directional information Da or Db will be referred to as an "oblique line edge pixel".

[0027] The edge directional information enlargement processing part 7 then enlarges the directional information at the same enlargement ratio as that of the enlargement processing part 1, to map the directional information on the target pixel on the interpolated pixel (step ST7).

Description is herein made of a case where the directional

information is enlarged two times will be described using an example of Fig. 4. In Fig. 4, a solid line indicates a coordinate system of the original image, a dotted line indicates a coordinate system in a case where directional
5 information is enlarged two times, and a rectangle indicated by a thick solid line indicates a target pixel in the original image.

[0028] In this example, the directional information D_a is mapped on the target pixel in the original image from previous
10 pattern matching. When the coordinate system of the original image is projected on the coordinate system of the enlarged image, directional information on the target pixel is mapped on the pixel in the enlarged image which is even slightly overlapped with a target pixel area of the original image.
15 That is, the directional information D_a is mapped on nine pixels indicated by hatching in the coordinate system after the enlargement.

[0029] As viewed from the interpolated pixel, different directional information may be mapped a plurality of times
20 (a case where directional information on one of adjacent original pixels is D_a , and directional information on the other original pixel is D_b). In such a case, it is judged that an interpolated pixel is an intersection of edge components which differ in directions, to map the directional
25 information D_n on the interpolated pixel. When the

directional information on one of the adjacent original pixels is D_a or D_b , and the directional information on the other original pixel is D_n , the directional information D_a or D_b is given priority to, to map the directional information
5 D_a or D_b on the interpolated pixel.

[0030] The filter processing part 8 then executes for each of the pixels composing the digital image enlarged by the enlargement processing part 1 filter processing corresponding to directional information on the pixel (step
10 ST8). That is, when enlargement is performed by a sum operation of a target pixel and a vicinity pixel, as in the linear interpolation method, smooth image representation is allowed by a smoothing effect. However, enlargement processing is generally performed by a sum operation in a main
15 scanning direction and a sum operation in a sub-scanning direction in this order. Accordingly, a correlation is strengthened in the main scanning direction and the sub-scanning direction, so that a jaggy remains. Therefore, in the filter processing part 8, filter processing is
20 performed in an oblique direction only with respect to oblique line edge pixels utilizing the directional information found by the edge directional information enlargement processing part 7.

[0031] Fig. 5 illustrates an example in which an oblique line
25 at an angle of 1 is enlarged two times. In Fig. 5, letting

X be a target pixel, eight pixels surrounding the target pixel X have directional information D_a , as described above.

Therefore, filter processing for the pixel A, for example, is performed in crosshatched pixel reference areas shown in
5 Fig. 6 (a). On the other hand, when the eight pixels have directional information D_b , filter processing is performed in reference areas as shown in Fig. 6 (b).

[0032] With respect to the filter processing, if smoothing filters as shown in Figs. 7 (a) and 7 (b) are used, a
10 correlation is strengthened in an oblique direction, thereby making it possible to restrain the jaggy. Further, smoothing filters as shown in Figs. 7 (c) to 7 (f) are prepared. The smoothing filters are switched depending on the detected angle of inclination, thereby allowing enlargement
15 processing of high quality on which the edge direction of the original image is more faithfully reflected.

[0033] In a case where the inclination direction is up to the right (directional information D_a), for example, in Fig. 3, Figs. 7 (c) and 7 (d) may be respectively used for a pattern
20 on the left side and a pattern on the right side at an angle of two or more, and Figs. 7 (e) and 7 (f) may be respectively used for a pattern on the left side and a pattern on the right side at an angle of $1/2$ or less. In this case, however, a suitable pattern cannot be selected only by the directional
25 information, so that information such as an angle of

inclination and a direction of existence of white pixels (corresponding to a white direction described in an embodiment 2) is also required. However, this is information obtained when the oblique line detection part 5 performs pattern matching. Fig. 8 schematically illustrates an image which has been subjected to smoothing filtering. Since the image is smoothed in an oblique direction, it is possible to restrain the jaggy.

[0034] As described in the foregoing, according to the present embodiment, inclination information representing the inclination direction of an edge area to which an original pixel belongs is mapped on the original pixel and an interpolated pixel, to perform for each of pixels composing a digital image after the enlargement filter processing corresponding to the inclination information on the pixel, thereby producing the effect of restraining the occurrence of the jaggy occurring when the digital image is enlarged.

[0035] Although in the embodiment 1, description was made of the case where the filter processing is performed using the smoothing filter, a smoothing effect is produced even if a median filter is used, thereby making it possible to restrain the jaggy. The median filter is one taking, when the pixel values of reference pixels are arranged in ascending order (or descending order), the value which is at the center as the value of a filtering object pixel. For

example, the value of the filtering object pixel is the second smallest (or largest) value if the number of reference pixels is three, while being the third smaller (or largest) value if the number of reference pixels is five.

5 [0036] The median filter has a noise reducing effect. If the jaggy which is the current problem is seen in an oblique direction, a pixel at the peak of the jaggy is removed as noise, thereby making it possible to represent a smooth oblique line. For example, consider a case where an image
10 signal is as shown in Fig. 9 when the oblique line is enlarged by a linear interpolation method. In this case, if the image signal is extracted in an oblique direction, it becomes 0, 40, or 0 (hexadecimal notation). Here, the pixel at the center is converted into the second smallest (or largest)
15 value out of the three pixels, that is, zero if it is subjected to median filtering, thereby making it possible to restrain the jaggy.

...omitted...

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.